



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 44 07 785.8
22 Anmeldetag: 9. 3. 94
43 Offenlegungstag: 14. 9. 95

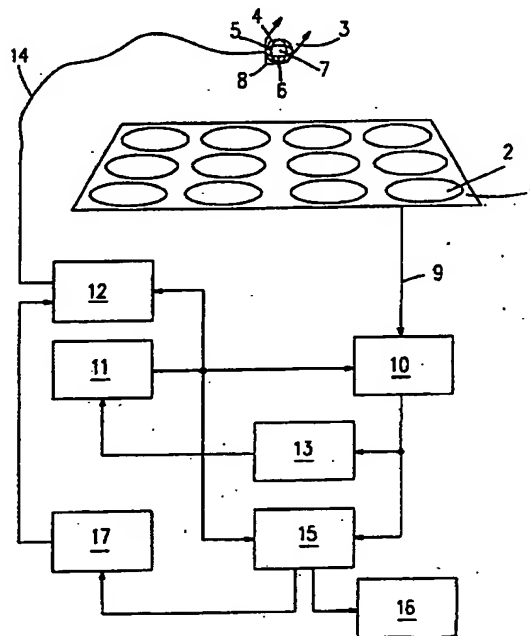
DE 44 07 785 A 1

71 Anmelder:
Philips Patentverwaltung GmbH, 22335 Hamburg, DE

72 Erfinder:
Fuchs, Manfred Heinrich, Dr., 20255 Hamburg, DE

54 Anordnung zur Bestimmung der räumlichen Position eines gegenüber einem Bezugselement verschiebbaren Abtastelements

57 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Bestimmung der räumlichen Position eines gegenüber einem Bezugselement (1) räumlich verschiebbaren Abtastelements (3),
- mit drei im Abtastelement (3) angeordneten, aus mindestens einer Drahtwindung bestehenden Orthogonal-Spulen (4, 5, 6), deren Wicklungsachsen in zueinander senkrechten Richtungen angeordnet sind und welche um einen gemeinsamen Mittelpunkt (7) gewickelt sind,
- mit mindestens drei im Bezugselement (1) an räumlich voneinander entfernten Stellen angeordneten, aus mindestens einer Drahtwindung bestehenden Bezugs-Spulen (2),
- mit einem Stromgenerator (11) zur Erregung der Orthogonal-Spulen (4, 5, 6) oder der Bezugs-Spulen (2) mit einem vorgebbaren Erreger-Wechselstrom,
- mit einer Auswerteschaltung (15) für die in den Bezugs-Spulen (2) bzw. in den Orthogonal-Spulen (4, 5, 6) induzierten Spannungen, welche eine Rechenschaltung enthält, welche aus den induzierten Spannungen die Abstandskordinaten x_m , y_m und z_m des Mittelpunktes (7) der Orthogonal-Spulen (4, 5, 6) in einem mit dem Bezugselement (1) verbundenen Korrdinatensystem errechnet, sowie
- mit einer Rückkopplungsschaltung (13), welche in Abhängigkeit der Amplitude der induzierten Spannungen die Erregerströme steuert.
Diese auf dem Prinzip der Messung magnetischer Feldverteilung beruhende Anordnung liefert auch ohne supraleitende Meßspulen genügend genaue und rauscharme Ergebnisdaten.



DE 44 07 785 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07. 95 508 037/214

6/30

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Bestimmung der räumlichen Position eines gegenüber einem Bezugselement räumlich verschiebbaren Abtastelements.

Eine derartige Anordnung zur Bestimmung der relativen Position und Orientierung zwischen einem Multikanal-MEG-Magnetometer und dem zu untersuchenden Kopf ist durch "Advances in Biomagnetism 1989, New York" bekannt. Die orthogonal zueinander und um einen gemeinsamen Mittelpunkt ausgerichteten Sendespulen werden am Kopf angeordnet und separat mit Strom gespeist. Das gebildete Magnetfeld wird mit einem 7-Kanal-Magnetometer gemessen. Der Lagevektor der am Kopf angeordneten Spulengruppe wird nach der Methode der kleinsten quadratischen Abweichungen (nonlinear least-squares fitting) ermittelt. Dabei wird aufgrund der Magnetometer-Meßwerte diejenige der möglichen Feldverteilungen gesucht, welche mit den jeweiligen Magnetometer-Meßwerten korrespondiert. Den für die einzelnen Sendespulen gefundenen Feldverteilungen können rechnerisch eindeutige Koordinatenwerte x_m , y_m und z_m zugeordnet werden.

Es läßt sich theoretisch nachweisen, daß es ausreichend ist, an nur drei verschiedenen Stellen jeweils die Felder der Sendespulen zu messen, um eindeutige Ramkoordinaten x_m , y_m und z_m zu erhalten. Durch die Auswertung zusätzlicher, an weiteren Orten gemessener Feldwerte läßt sich die Genauigkeit erhöhen.

Will man zusätzlich die Winkelraumlage des Satzes der orthogonalen Spulen ermitteln, benötigt man mindestens an fünf verschiedenen Orten ermittelte Feldwerte. Eine Redundanz der Meßwerte erhöht wiederum die Genauigkeit der errechneten Koordinaten.

Die bekannte Anordnung erlaubt eine relativ genaue und rauscharme Koordinatenbestimmung, weil SQUID-Magnetometer mit supraleitenden Meßspulen verwendet werden.

Zur Erfassung der räumlichen Lage einer sogenannten Maus für Computer ist durch die DE-A 38 38 605 eine Anordnung mit von der Maus ausgestrahlten akustischen Wellen bekannt, welche an drei Meßpunkten eines Bezugssystems zur Abstandsmessung detektiert werden. Durch WO 90/07762 ist eine vergleichbare Anordnung bekannt, bei welcher statt akustischer Wellen bevorzugt optische Wellen Verwendung finden sollen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung der eingangs genannten Art zu schaffen, welche auf dem Prinzip der Messung magnetischer Feldverteilungen beruht und welche auch ohne supraleitende Meßspulen genügend genaue und rauscharme Ergebnissdaten liefert.

Die Lösung gelingt bei einer Anordnung der eingangs genannten Art

- mit drei im Abtastelement angeordneten, aus mindestens einer Drahtwindung bestehenden Orthogonal-Spulen, deren Wicklungsachsen in zueinander senkrechten Richtungen angeordnet sind und welche um einen gemeinsamen Mittelpunkt gewickelt sind,
- mit mindestens drei im Bezugselement an räumlich voneinander entfernten Stellen angeordneten, aus mindestens einer Drahtwindung bestehenden Bezugs-Spulen,
- mit einem Stromgenerator zur Erregung der Orthogonal-Spulen oder der Bezugs-Spulen mit ei-

nem vorgebbaren Erreger-Wechselstrom,

— mit einer Auswerteschaltung für die in den Bezugs-Spulen bzw. in den Orthogonal-Spulen induzierten Spannungen, welche eine Rechenschaltung enthält, welche aus den induzierten Spannungen die Abstandskordinaten x_m , y_m und z_m des Mittelpunktes der Orthogonal-Spulen in einem mit dem Bezugselement verbundenen Koordinatensystem errechnet, sowie

— mit einer Rückkopplungsschaltung, welche in Abhängigkeit der Amplitude der induzierten Spannungen die Erregerströme steuert.

Eine solche Anordnung kann insbesondere verwendet werden für

- die räumliche Lageermittlung einer Maus, insbesondere für dreidimensionale Zeiger (Cursor) im Falle von CAD-Programmen,
- das dreidimensionale Einlesen eines Objektes in einen Computer,
- die Lokalisierung von Objekten relativ zu einem Koordinatenursprung ganz allgemein und insbesondere in der medizinischen Meßtechnik.

Für die Erfindung wird von dem in "Advances in Biomagnetism" beschriebenen Meßprinzip Gebrauch gemacht. Dieses bekannte Meßprinzip läßt sich im Falle der vorliegenden Erfindung auch umkehren, indem die orthogonalen Spulen als Meßspulen verwendet werden, wobei dann die von den einzelnen Spulen des Bezugssystems erzeugten Magnetfelder detektiert werden.

Eine beträchtliche Genauigkeitssteigerung erreicht man durch die Rückkopplungsschaltung, welche dafür sorgt, daß den orthogonalen Spulen bei Vergrößerung ihres Abstands vom Bezugselement höhere Erregerströme zugeführt werden. Derart lassen sich Verstärker für die induzierten Spannungen optimal aussteuern. Der Meßdynamikbereich eines Verstärkers läßt sich etwa um den Faktor 1000 vergrößern.

Eine weitere Erhöhung der Meßgenauigkeit und des Rauschabstandes ist dadurch möglich, daß die induzierten Spannungen über einen frequenz- und/oder phasempfindlichen, mit dem Stromgenerator gekoppelten Verstärker an die Auswerteschaltung angeschlossen sind.

Gemessen werden müssen die Feldverteilungen, die separat von jeder einzelnen Spule des Abtastelements bzw. des Bezugselements erzeugt werden. Das kann mit gleichfrequenten Erregerströmen geschehen, die zeitlich aufeinanderfolgend den einzelnen Spulen zugeführt werden, insbesondere mittels eines Multiplexers.

Es ist aber auch möglich, jede Erregerspule mit einem Strom zugeordneter unterschiedlicher Frequenz zu betreiben. Diese Ströme können dann gleichzeitig aufgeschaltet werden, da die entsprechenden induzierten Meßspannungen eindeutig selektierbar sind. Das letztgenannte Verfahren ist besonders schnell und ermöglicht in Verbindung mit schnellen Meßwerterfassungen und Lokalisierungsalgorithmen eine online-Ortsbestimmung mit weniger als einer Sekunde Meß- und Rechenzeit.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der in der Zeichnung gezeigten Prinzipdarstellung erläutert.

Mit 1 ist ein Empfangsspulentablett bezeichnet, welches als Bezugselement dient und an welchem 12 aus

mehreren Windungen bestehende Bezugs-Spulen 2 befestigt sind, welche im Beispiel als Meßspulen dienen, in welchen zu messende Wechselspannungen induziert werden. Das Empfangsspulentablett bildet zweckmäßig eine untere Begrenzungsebene des vom Abstandselement 3 zu erfassenden Raumes. Die Meßspulen 2 sind in möglichst großem Abstand zueinander anzuordnen und sollen sich bis an den äußeren Rand der Begrenzungsebene des Meßraumes erstrecken. Die Meßspulen brauchen jedoch nicht unbedingt in einer gemeinsamen Ebene angeordnet zu werden.

Die Orthogonal-Spulen 4, 5 und 6 dienen als Sendespulen, welche im Meßraum eine magnetische Feldverteilung hervorrufen. Sie sind in zueinander senkrechten, durch den gemeinsamen Mittelpunkt 7 verlaufenden Ebenen gewickelt.

Mit einer in der Figur dargestellten Anordnung können die Koordinaten x_m , y_m und z_m des Mittelpunkts 7 in einem zum Empfangsspulentablett festgelegten Koordinatensystem ermittelt werden.

Falls die Position der Tastspitze 8 des Abstandselements 3 genau bekannt sein muß, können zusätzlich im Anschluß an die Berechnung der Koordinaten x_m , y_m und z_m zwei Winkelkoordinaten in zwei orthogonalen, durch den Mittelpunkt 7 verlaufenden Ebene ermittelt werden. Die Koordinaten x_m , y_m und z_m lassen sich durch Auswertung der Summe der gemessenen Magnetfeldquadrate bereits eindeutig aus den von nur drei Meßspulen gelieferten Daten. Dabei entfallen die funktionalen Abhängigkeiten von den Winkelkoordinaten. Wenn die dreidimensionalen Koordinaten ermittelt sind, vermag ein geeigneter Rechenalgorithmus bei Bedarf auch die Winkelkoordinaten zusätzlich zu ermitteln, da die dafür notwendige Voraussetzung, daß Meßwerte von mindestens fünf verschiedenen Meßstellen vorliegen, erfüllt ist. Wenn wie im vorliegenden Fall 12 Meßspulen vorgesehen sind, ermöglicht die Redundanz eine erheblich größere Genauigkeit.

Die in den Meßspulen 2 induzierten Spannungen werden über das Leitungsbündel 9 an den Eingang des frequenz- und phasenempfindlichen Verstärkers 10 (lock in Verstärker) gelegt. Der Bereich der Phasen- und Frequenzselektivität des Verstärkers 10 wird durch die Frequenz und die Phasenlage des Stromgenerators 11 vorgegeben, welcher über den Multiplexer 12 die Sendespulen 4, 5 und 6 zeitlich aufeinanderfolgend mit vorzugsweise jeweils gleicher Amperewindungszahl erregt.

Durch die Rückkopplungsschaltung 13 wird eine volle Ausnutzung des Dynamikbereichs des Verstärkers 10 bewirkt. Der Stromgenerator 11 wird veranlaßt, bei Vergrößerung des Abstandes des Abtastelements 3 vom Tablett 1 den über das Leitungsbündel 14 zu den Sendespulen 4, 5 und 6 geleiteten Stroms soweit zu erhöhen, daß der Verstärker durch den höchsten Wert der in den Spulen 2 induzierten Spannungen gerade ausgesteuert ist.

Die Auswerteschaltung 15 erhält Informationen über die verstärkten induzierten Spannungen der Spulen 2, über die Zeitpunkte der Strombeaufschlagung der Sendespulen 4, 5 und 6 sowie über die Höhe des Erregerstromes. Aufgrund dieser Daten wird mittels eines in der Auswerteschaltung 15 integrierten Rechenprogramms die Raumlage des Abtastelements durch Bestimmung der Koordinaten x_m , y_m und z_m sowie gegebenenfalls zweier Winkelkoordinaten errechnet und an die Ausgabeinheit 16 gegeben.

Sobald an die Steuerschaltung 17 die Information übermittelt ist, daß der Rechen- und Ausgabevorgang

beendet ist, erhält der Multiplexer einen Steuerbefehl, den Erregerstrom auf die nächstfolgende Sendespule zu schalten.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Bestimmung der räumlichen Position eines gegenüber einem Bezugselement (1) räumlich verschiebbaren Abtastelements (3),

— mit drei im Abtastelement (3) angeordneten, aus mindestens einer Drahtwindung bestehenden Orthogonal-Spulen (4, 5, 6), deren Wicklungsachsen in zueinander senkrechten Richtungen angeordnet sind und welche um einen gemeinsamen Mittelpunkt (7) gewickelt sind,

— mit mindestens drei im Bezugselement (1) an räumlich voneinander entfernten Stellen angeordneten, aus mindestens einer Drahtwindung bestehenden Bezugs-Spulen (2),

— mit einem Stromgenerator (11) zur Erregung der Orthogonal-Spulen (4, 5, 6) oder der Bezugs-Spulen (2) mit einem vorgebbaren Erreger-Wechselstrom,

— mit einer Auswerteschaltung (15) für die in den Bezugs-Spulen (2) bzw. in den Orthogonal-Spulen (4, 5, 6) induzierten Spannungen, welche eine Rechenschaltung enthält, welche aus den induzierten Spannungen die Abstandskordinaten x_m , y_m und z_m des Mittelpunktes (7) der Orthogonal-Spulen (4, 5, 6) in einem mit dem Bezugselement (1) verbundenen Koordinatensystem errechnet, sowie

— mit einer Rückkopplungsschaltung (13), welche in Abhängigkeit der Amplitude der induzierten Spannungen die Erregerströme steuert.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die induzierten Spannungen über einen frequenz- und/oder phasenempfindlichen, mit dem Stromgenerator gekoppelten Verstärker (10) an die Auswerteschaltung (15) angeschlossen sind.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Stromgenerator (11) über einen Multiplexer (12) an die als Erregerspulen dienenden Orthogonal-Spulen (4, 5, 6) oder an die Bezugs-Spulen (2) angeschlossen ist, und daß die Erregerspulen mit Strömen gleicher Frequenz zeitlich aufeinanderfolgend erregbar sind.

4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Erregerspulen gleichzeitig mit Erregerströmen verschiedener Frequenz vom Stromgenerator (11) betreibbar sind.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Bezugselement (1) mindestens fünf Bezugsspulen (2) angeordnet sind, und daß die Auswerteschaltung (15) derart programmiert ist, daß auch die Winkellage des Abtastelements (3) berechenbar ist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung (15) derart programmiert ist, daß zunächst die Koordinaten x_m , y_m und z_m berechnet werden und danach zwei Winkelkoordinaten in zueinander senkrechten und durch den Mittelpunkt (7) der orthogonalen Spulen (4, 5, 6) verlaufenden Ebenen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

